孤独症儿童跨情境词汇学习障碍的认知机制

杨童舒 黄艳利 谢久书

（南京师范大学心理学院，南京，210097）

摘 要 孤独症谱系障碍（Autism Spectrum Disorder, ASD）儿童存在跨情境词汇学习障碍，严重阻碍了其语言习得。以往研究虽尝试从一般认知能力受损的角度探究该障碍的成因，却忽视了 ASD 儿童学习机制的特异性。为此，本文特尝试从学习机制入手，揭示 ASD 儿童内隐学习较为完整而外显学习可能受损的分离，发现 ASD 儿童的跨情境词汇学习主要依赖联结学习，而非假设检验。基于此，本文提出混合式协同作用模型，并认为操纵指代物多样性和词频分布或可分别影响联结学习和假设检验，进而促进 ASD 儿童的跨情境词汇学习。该模型对理解 ASD 儿童跨情境词汇学习障碍的认知机制及探索潜在的干预手段具有重要的理论意义和实践价值。

关键词 孤独症，跨情境词汇学习，假设检验，联结学习

1 引言

语言是人类沟通交流和传承文明的主要工具。语言习得是儿童认知和社会性发展的核心(Tomasello, 2003)。众所周知，词汇是构成语言的基本单位，词汇学习对儿童的语言习得至关重要(Benitez et al., 2020; Gray et al., 2020)，也是语言发展的重要组成部分(Lenhart et al., 2020)，更是儿童认知发展的重要里程碑之一。词汇学习能力虽是儿童语言习得的关键，但该学习能力在孤独症谱系障碍（Autism Spectrum Disorder, ASD）儿童身上表现出了严重的缺陷(Camero et al., 2023; Clark & Reuterskiold, 2023; Saldana, 2023; Vulchanova et al., 2023)。ASD 是一种神经发育障碍性疾病，其特征是社会交往障碍、重复行为和兴趣受限等(American Psychiatric Association, 2013)。与典型发展儿童（Typically Developing, TD）不同，许多 ASD 儿童存在语言习得障碍、词汇学习困难等问题，严重影响其人际交往与社会互动(Howlin, 2003; Jiménez et al., 2021; Xiong et al., 2024)。ASD 儿童的语言习得障碍通常以接受性词汇发展显著延迟与词汇学习困难为特征。如，ASD 儿童在 38 个月左右开始展现出口语表达的初步能力，这与 TD 儿童的 8~14 个月相比有明显的延迟(Howlin, 2003; Zhao et al., 2024)。此外，ASD 儿童要到 2 岁以后才能理解 100 个以上的词语，而 50%的 TD 儿童在 1 岁 4 个月时就能理解 100 个以上的词语(侯文文, 苏怡, 2022)。因此，探究 ASD 儿童的词汇学习机制对于深度理解其语言习得障碍，以及寻找有效干预方案具有重要意义。

1.1 儿童语言习得中的跨情境词汇学习

对儿童而言，词汇学习颇具挑战。当儿童学习某个单词的词义时，很大程度上依赖于对当下语境的观察。以学习“猫”这个词语为例，只有当猫这类动物与“猫”这个词在语境中存在明确的映射关系时，“猫”这个词语才得以习得(刘书云 等, 2024)。但是，在真实语言学习中，这种映射关系很难明确。因为，人们处于纷繁复杂的语境中，与词语共现的不仅有其指代物，还有众多干扰物。此时，一个词会有多种可供选择的物体。例如，儿童 7 个月到 3 岁期间，父母平均每小时在孩子身边讲 300~400 个单词，每一个陌生的单词都可能指称众多指代物(Hart & Risley, 1995)。在这种自然语境中，词与指代物的对应关系会因指代模糊、歧义而变得复杂。所以，儿童进行词汇学习必须消除指代物模糊性。

消除指代物模糊的主要方法便是跨情境词汇学习（Cross-Situational Word Learning, CSWL）(Benitez et al., 2020; Berens et al., 2018)。跨情境词汇学习指当词汇与其对应的指代物反复在多个情境中共现时，儿童根据词汇与指代物的共现规律，便能正确地习得词汇和指代物的映射关系。大量研究表明，成人、幼儿甚至是婴儿的词汇学习都是利用这种跨情境信息习得新词(Ackermann et al., 2020; Bulgarelli et al., 2021; Crespo et al., 2023; Crespo & Kaushanskaya, 2021; Rivera-Vera et al., 2022; Zhou et al., 2023)。跨情境词汇学习是儿童语言习得的主要途径之一。

1.2 ASD 儿童跨情境词汇学习障碍之争

以往的研究发现暗示 ASD 儿童似乎可以完成跨情境词汇学习。McGregor 等人(2013)招募了年龄、智商和词汇接受性均匹配的 ASD 和 TD 儿童，并请两组儿童在不同实验条件下进行新异词汇与物体的快速映射。其中，在中性实验条件下，儿童没有注释线索的提示，必须依赖不同试次的词汇和物体信息才能准确地映射新词。结果发现，两组儿童在中性条件中的正确率显著高于随机概率。这表明，ASD 儿童的词汇映射能力相对完整。该能力也是完成跨情境词汇学习的基础。类似地，Venker(2019)采用眼动追踪技术结合跨情境映射范式，探讨了 4~7 岁的 ASD 儿童和 3~8 岁的 TD 儿童在词汇储备上的匹配情况。结果发现，ASD 儿童和 TD 儿童在正确目标上的注释时间显著长于随机概率。这表明，ASD 儿童能够习得词-物匹配关系，并习得词汇。

上述观点也受到了众多研究的有力挑战。现有研究表明 ASD 儿童的跨情境词汇学习存在障碍(Hartley et al., 2020; Venker, 2019)。近期一项研究探讨了 ASD 儿童的跨情境词汇学习是否具有非典型性，以及这种能力的差异如何影响词汇的保持和概括，研究结果颇具启发意义(Hartley et al., 2020)。该研究采用跨情境词汇学习的经典范式，增加了反应时作为因变量。

被试为平均年龄为 8.78 岁的 ASD 儿童，以及 5.52 岁的 TD 儿童。两组儿童在智商、接受性词汇等方面均匹配。研究结果发现，ASD 儿童虽在跨情境词汇学习各个阶段的正确率与 TD 儿童并无显著差异，但 ASD 儿童存在反应时较长的问题。此外，也有许多研究发现 ASD 风险高的儿童学习词汇时所需时间更长，速度更慢(Bedford et al., 2013; Yirmiya et al., 2007)。通过对以往研究的梳理与分析，本研究认为 ASD 儿童在跨情境词汇学习中的正确率与 TD 儿童似乎没有显著差异。这表明，ASD 儿童不存在广泛意义上的跨情境词汇学习障碍。但是，ASD 儿童在跨情境词汇学习中存在部分特异性损伤。例如，学习时间较长，学习速度较慢(Hartley et al., 2020; Venker, 2019)。在自然语言学习环境中，这种学习时间和速度的缺陷会对 ASD 儿童的词汇习得形成严峻挑战。因为在自然语言学习中，典型的语速大约为每分钟 150 词(Studdert-Kennedy, 1986)，单词和指代物的共现速度大约是实验室刺激呈现速度的十倍，且伴随着更多的噪音和干扰(Hartley et al., 2020)。因此，ASD 儿童在跨情境词汇学习中的速度劣势会严重影响其在自然环境中学习词汇的效果，从而导致语言学习障碍。这种学习速度障碍或许是由于 ASD 儿童的跨情境词汇学习机制存在损伤。然而，ASD 儿童具体的学习损伤机制尚不清楚。

1.3 ASD 儿童跨情境词汇学习的学习过程

以往研究对 ASD 儿童词汇学习损伤机制的探讨主要围绕 ASD 导致的一般能力损伤展开(侯文文, 苏怡, 2022; Alispahic et al., 2024; Cuneo, 2024; Hartley & Whiteley, 2024; Long et al., 2024)。尚未有研究基于词汇学习的本质过程探讨 ASD 儿童词汇学习困难的根本原因。这就导致以往研究对词汇学习障碍的解释力有限。毕竟一般认知能力作用于词汇学习过程，还需通过词汇学习机制的转化。因此，本研究将从词汇学习的本质过程入手，尝试揭示 ASD 儿童跨情境词汇学习障碍的内在机制。

本研究认为揭示 ASD 儿童跨情境词汇学习障碍的内在机制，需首先区分内隐和外显词汇学习过程。内隐和外显学习过程是人类认知发展和知识获取的关键组成部分，在人类的各类学习中都发挥着极其重要的作用(Maresch et al., 2021; Miyamoto et al., 2020)。内隐和外显学习存在于跨情境词汇学习中。在多数跨情境词汇学习的研究中，研究者通过指导语操纵了被试自上而下的预期。此时，被试完成的是明确的词汇学习任务，即外显词汇学习(Yurovsky et al., 2015)。但也有一些研究，尤其是儿童的研究，并没有明确的学习指令。此类词汇学习为内隐词汇学习。目前，学界通常认为跨情境词汇学习是内隐学习和外显学习共同作用的结果(Sobczak & Gaskell, 2019)。因此，探讨 ASD 儿童跨情境词汇学习障碍的认知机制需首先区分开内隐和外显学习过程。

鉴于此，本文首先梳理了 ASD 儿童跨情境词汇学习的研究进展，着重探讨了 ASD 儿童的内隐学习与外显学习，以及跨情境词汇学习中的内隐与外显过程，聚焦跨情境词汇学习的假设检验与联结学习机制，探究 ASD 儿童内隐学习与外显学习与词汇学习机制的关系。然后，围绕词频分布类型与指代物多样性的协同作用，提出基于内隐、外显学习机制的混合式协同作用模型。最后，通过分析 ASD 儿童跨情境词汇学习的作用机制，提出解决 ASD 儿童词汇学习的潜在途径。综上，本文旨在对以往研究进行系统分析和综述，从词汇学习的内在机制出发，深入研究 ASD 儿童跨情境词汇学习障碍的深层原因。

2 ASD 儿童内隐学习和外显学习的分离

由于 ASD 儿童的一般性学习机制存在特异性损伤，且与跨情境词汇学习密切相关。因此，理解 ASD 儿童的跨情境词汇学习机制，必须首先理解 ASD 儿童的一般性学习机制，特别是探究 ASD 儿童的内隐学习与外显学习机制。在学习心理中，学习机制通常可以分为内隐学习和外显学习两大类(Reber, 1967)。Reber(1967)首先在人工语法学习（Artificial Grammar Learning, AGL）的研究中提出了内隐学习（Implicit Learning）。在该任务中，被试表现出了一种不知不觉的学习。这种无意识地学习复杂规则的学习现象被称为内隐学习。而 Reber(1967)认为外显学习（Explicit Learning）则是有意识地、有目的地学习新知识或新技能的过程。这种学习通常涉及到对学习材料的直接关注和分析，学习者清楚地知道自己正在学习什么，并且能够有意识地回忆和应用所学的知识。现有研究普遍认为内隐学习和外显学习是两个分离的学习机制(Berry & Broadbent, 1995; Hayman & Tulving, 1989)。

2.1 ASD 儿童内隐学习的争论

目前，学界关于 ASD 儿童内隐学习是否存在损伤还存在着争论，而针对 ASD 儿童外显学习受损的观点基本保持一致。关于 ASD 儿童的内隐学习过程，学界存在两种理论假说的争论。一种假说是内隐学习缺失说，即 ASD 儿童内隐学习存在损伤，表现为无法完成内隐学习任务或完成任务时表现较差(Bo et al., 2016)。二是内隐学习完好说，即 ASD 儿童内隐学习活动正常，完成内隐学习任务的表现与 TD 儿童相似(Brown et al., 2010; Haebig et al., 2017)。近些年，最新的研究发现倾向于支持内隐学习完好说，并指出内隐学习缺失说的研究结果可能是由于实验范式以及实验设计上的不完善导致的。此类不完善可能包括：实验组和对照组的智商没有进行匹配；学习任务上存在差别。例如，部分研究采用的可能是偏外显学习的实验程序，导致被试会使用外显策略进行学习(Brown et al., 2010; Izadi-Najafabadi et al., 2015)。后续的实验在改进上述影响因素后发现 ASD 儿童的内隐学习能力是完好的(Brown et al.,

2010; Izadi-Najafabadi et al., 2015; Zwart et al., 2018)。Foti 等人(2015)通过对以往的 11 项研究进行元分析，纳入了 407 名 ASD 患者和 TD 对照组被试。结果发现，ASD 个体的内隐学习完好(Foti et al., 2015)。Izadi-Najafabadi 等人(2015)比较了 7~11 岁智商相匹配的 ASD 儿童和 TD 儿童在序列反应时任务（Serial Reaction Time, SRT）上的表现。结果发现，ASD 儿童的内隐学习与 TD 儿童无异，但存在着外显学习的困难(Izadi-Najafabadi et al., 2015)。进而，Zwart 等人(2018)同样采用 SRT 任务，并结合事件相关电位技术（Event-Related Potentials, ERP），考察了 ASD 儿童和 TD 儿童在 SRT 任务中的表现。结果发现，在行为层面，ASD 儿童在 SRT 任务中的表现与 TD 儿童相似。这表明，ASD 儿童自动化的内隐学习基本较好，可能与正常儿童无异。在电生理层面，ASD 儿童表现出 N2b 成分的增强。这表明，ASD 儿童更多地采用自动化加工，即内隐加工。Fu 等人(2013)认为 N2b 成分与内隐学习密切相关，这与 Ferdinand 等人(2008)的研究结果一致。上述研究表明，ASD 儿童的内隐学习可能完好，他们在学习任务中能够和正常儿童一样采用内隐学习。

2.2 ASD 儿童外显学习的损伤

既往关于 ASD 个体的外显学习研究，通常在评估其内隐学习的同时，附带进行了相应的测量(Brown et al., 2010)。由于外显学习与智商密切相关，许多关于 ASD 儿童学习障碍的研究会受到智商的影响，因此很少有研究单独研究 ASD 个体的外显学习(Watanabe et al., 2010)。Brown 等人(2010)通过一项明确的外显学习任务——配对联想学习(Paired-Associates Learning , PAL)，发现 ASD 个体的外显学习受损。此外，Izadi-Najafabadi 等人(2015)同样使用 SRT 任务测试 ASD 儿童的内隐与外显学习，被试分为内隐学习与外显学习组。主试将序列的模式告知外显学习组，帮助他们有意识地学习和应用规则。结果发现，ASD 儿童的外显学习表现较差，内隐学习与 TD 儿童无异。由此可见，ASD 儿童在涉及外显学习时表现较差。

综上所述，本研究认为 ASD 儿童的内隐学习相对完好，但外显学习受损明显(Brown et al., 2010; Izadi-Najafabadi et al., 2015; Zwart et al., 2018)。鉴于跨情境词汇学习是内隐学习和外显学习共同作用的结果，ASD 儿童在跨情境词汇学习中的表现与内隐学习和外显学习机制密切相关(Sobczak & Gaskell, 2019)。因此，探究 ASD 儿童跨情境词汇学习中的内隐和外显机制能够深入揭示 ASD 跨情境词汇学习障碍的内在机制。

3 ASD 儿童跨情境词汇学习的内隐和外显过程

跨情境词汇学习同样也包含内隐和外显两种学习过程。以往跨情境词汇学习的部分研究并未在指导语中告知被试应该进行词汇学习，也未告知被试某个单词与某些物体存在联系，但是被试依然完成了词汇学习(Hartley et al., 2020)。此外，许多词汇学习的研究表明，人类可以利用单词和指代物的重复共现，逐渐积累词与物的匹配关系，从个体的模糊情境中构建词库(Rogers et al., 2021)。此类词汇学习过程通常被视为无需意志努力的内隐学习。

与内隐词汇学习相反，在控制性的实验下，被试更倾向于进行外显学习。部分跨情境词汇学习的研究在一开始就表明要求被试进行词汇学习。这时被试将会集中注意力和认知资源进行词汇学习，并采取一些学习策略完成学习。这种词汇学习过程便是外显学习。部分研究表明，跨情境词汇学习在有明确的指令、注意和外显学习策略的参与时，学习效果更好，被试的信心程度更高(Sobczak & Gaskell, 2019; Trueswell et al., 2013)。然而，由于词物映射关系的模糊，以及记忆容量的限制，被试往往无法同时记住所有的词物共现组合。因此，在外显词汇学习中也存在内隐学习过程。综上所述，跨情境词汇学习同时存在内隐学习和外显学习过程。并且，内隐和外显学习过程对应的跨情境词汇学习机制不同。

3.1 跨情境词汇学习的机制

跨情境词汇学习存在联结学习模型（Associative Learning Model）和假设检验模型（Hypothesis Testing Model）两种学习模型(Yurovsky & Frank, 2015)。联结学习模型认为学习者会记忆并追踪所有词-物的匹配假设，并积累匹配的统计信息，最终选择联结最强的匹配假设。随着学习次数的增加，词-物之间的关联强度逐渐增强，词汇学习效果也就不断获得巩固。最终，学习者便能习得词的语义，即词与物的对应关系(刘书云 等, 2024; Yu & Smith, 2007)。

相比于联结学习，假设检验是一种冒险型学习策略。该模型认为，学习者可以使用一种更明确的策略。当呈现带有歧义的词时，学习者形成一个关于词的指称对象的假设，在随后的试次中，这种对应关系如果一致，该假设则被验证，矛盾时则被丢弃(Aussems & Vogt, 2020; Trueswell et al., 2013)。并且，学习者能够意识到他们所遇到的学习情境是否为他们提供了关于指称对象的明确信息(Medina et al., 2011; Trueswell et al., 2016)。上述理论模型均对跨情境词汇学习的学习机制提出了系统的理论建构，并获得了众多研究证据的支持。并且，根据最新的理论观点，联结学习和假设检验均参与了跨情境词汇学习(刘书云 等, 2024; Yurovsky & Frank, 2015)。

由于联结学习和假设检验均参与了跨情境词汇学习，并且跨情境词汇学习是内隐学习和外显学习共同作用的结果。因此，探究“内隐学习和外显学习”与“联结学习和假设检验”

之间的关系能够更清晰地理解一般学习机制和跨情境词汇学习机制间的关系。从而能够帮助我们更好地理解 ASD 儿童一般学习机制损伤（如注意力损伤）和跨情境词汇学习机制损伤（如联结学习或假设检验机制损伤）之间的关系。因此，为更好地理解 ASD 儿童跨情境词汇学习障碍的产生机制，下面将从跨情境词汇学习机制损伤的角度进行系统论述。

3.2 联结学习与内隐学习的关系

联结学习与内隐学习密切相关。在跨情境词汇学习中，学习者在学习过程中不断统计词汇和指代物的共现频率，并根据最终的共现频率选择联结强度最高的匹配假设(Roembke & McMurray, 2021; Yurovsky & Frank, 2015)。而这种统计共现频率的联结过程，是内隐发生的(Batterink & Paller, 2019; Roembke & McMurray, 2021; Yurovsky & Frank, 2015)。被试对于词-物映射的意识并非习得的必要条件。并且，被试在实验中，并未被告知需习得何种词汇，或以何种方式习得。被试是在不断的词物共现中，内隐地习得这种词-物匹配关系。此外，通过对健康成人和海马损伤健忘症患者进行功能成像研究，发现联结学习确实在没有意识参与的情况下发生，该学习过程与海马体和海马旁回有关(Degonda et al., 2005)。

ASD 儿童在跨情境词汇学习中的联结学习机制可能是完好的。通过梳理 ASD 儿童跨情境词汇学习的研究发现，此类研究多是采用自发性学习任务。之所以如此操纵或许是由于在不施加明确学习指令的情况下，ASD 儿童的参与积极性会更高。例如，Venker(2019)使用眼动追踪技术探究 ASD 儿童的跨情境词汇学习，研究者并没有要求被试记忆词汇与物体的对应关系，而仅仅是同时呈现图片和声音。结果发现，ASD 儿童和 TD 儿童一样能够习得词汇。甚至以往研究在对比语言理解能力匹配的 ASD 儿童和 TD 儿童在观看彩色照片和黑白照片学习词汇时，发现 ASD 儿童对于彩色照片所对应的词汇学习比 TD 儿童更准确(Carter & Hartley, 2021)。Pesthy 等人(2023)请 ASD 成年人和 TD 成年人进行了大概 40 分钟的联结学习任务，结果发现 ASD 成年人的表现与 TD 成年人之间没有显著差异。此外，Van Rooijen 等人(2022)探究 ASD 个体词汇量较少是否源于学习本身的问题，将被试分为 ASD 高、低风险组，通过呈现新奇的物体图像和互动信息，测试其词汇学习能力。结果发现，ASD 高风险组儿童也可以自发地习得词汇(Van Rooijen et al., 2022)。综上所述，ASD 儿童在跨情境词汇学习中能够自发地、内隐地习得词汇，其联结学习机制是相对完好的(Vulchanova et al., 2023)。

3.3 假设检验与外显学习的关系

假设检验与外显学习关系密切。假设检验模型认为学习者每次学习时随机选择一个物体作为某词汇的指代物，形成该词汇的唯一匹配假设，并保持这一假设，在后续的学习中对该假设不断验证(Roembke & McMurray, 2021; Yurovsky & Frank, 2015)。如果学习者对每个单词

只追踪一个指代物，那么就需要施加额外的注意资源，运用有意策略进行刻意地记忆(Woodard et al., 2016)。由于被试需要明确知晓自己所进行的实验任务，并且使用一定的学习策略进行词汇学习，因此这一过程是外显地进行的(刘书云 等, 2024)。Trueswell 等人(2013)发现个体在跨情境词汇学习中能够意识到学习情境中信息量的多少，并且对个体在词汇学习的信心程度进行测试时发现，其信心程度较高，这表明他们进行了外显学习(Kligler et al., 2023)。此外，Sun 等人(2007)认为假设检验过程是外显知识提取的过程。因此，假设检验和外显学习密切相关。

ASD 儿童在跨情境词汇学习中的假设检验机制或许存在损伤。以往关于 ASD 儿童的词汇学习研究大多是针对年龄较大的 ASD 儿童。例如，West 等人(2022)采取外显的实验任务，通过探索情绪线索对词汇学习的影响，给予 9 岁不同自闭特质水平的儿童书面和口头指导，并且告诉儿童应该尽可能多地尝试和记住这些名字。结果发现，注意对词汇学习的影响因儿童是否具有较低或较高水平的自闭特质而不同。因此，高自闭特质儿童的词汇学习更容易受注意的影响。外显的实验任务与注意密切相关，但在外显实验任务中，ASD 儿童很难进行注意的集中与控制。众多研究已经发现注意在 ASD 个体词汇学习中的重要性。注意能降低环境中指示物的不确定性，帮助儿童在词汇和指代物之间建立联结(Fitch et al., 2020)。然而，ASD 儿童存在共同注意障碍以及注意力转移障碍(陈雁, 李晶, 2024; 张琳琳 等, 2022; Jiménez et al., 2021; Mormann & Russo, 2021; Venker et al., 2022)。这种障碍会加剧指代物模糊对跨情境词汇学习的消极影响，导致 ASD 儿童在众多指代物中无法捕捉到词-物匹配关系，从而干扰其词汇学习。此外，以往研究采用功能性近红外脑成像(functional Near-Infrared Spectroscopy, fNIRS)技术，发现语音的动态韵律通过更多地参与左侧额顶网络，提高了幼儿的注意力水平，从而促进了词汇学习(Zhou et al., 2023)。其他研究采用功能性核磁共振成像(functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)技术探讨了 ASD 患者的脑功能异常。结果发现，ASD 患者在前额叶下皮层、内侧前额叶皮层、纹状体丘脑和小脑外侧区域的脑功能异常(Murphy et al., 2014)。由于 ASD 儿童的假设检验机制受注意、认知资源调节能力损伤的影响，ASD 儿童在跨情境词汇学习中很难保持词-物的匹配假设，其假设检验机制很可能受损。

此外，语言能力较差的 ASD 儿童在采用互斥策略（Mutual Exclusivity, ME）进行词汇学习时存在一定障碍，在呈现新颖物体时学习效率更低(Mathée-Scott et al., 2022; McGregor et al., 2013)。而在跨情境词汇学习中，假设检验机制依赖于互斥性策略的使用(Roembke & McMurray, 2021; Yurovsky & Frank, 2015)。因此，ASD 儿童的词汇学习障碍可能是假设检验

机制受损导致的。

综上所述，ASD 儿童的联结学习机制可能是完整的，但其假设检验机制可能是受损的。该观点也得到了部分研究的支持。例如，Haebig 等人(2021)的研究发现，ASD 儿童拥有正常的联结学习能力，但是其快速匹配能力较差，暗示其假设检验机制受损。因此，本研究推测 ASD 儿童在进行跨情境词汇学习时更倾向联结学习的机制，而非假设检验机制。

目前学界尚未就 ASD 儿童跨情境词汇学习机制进行系统探索，尚不清楚 ASD 儿童为何存在跨情境词汇学习的损伤又保留部分跨情境词汇能力。要理解上述矛盾的发现，必须从从词汇学习的本质出发，从内隐学习与外显学习的角度结合跨情境词汇学习的联结学习和假设检验机制出发，探索 ASD 儿童跨情境词汇学习损伤的机制，并提出全新的理论模型。

4 ASD 儿童跨情境词汇学习的混合式协同作用模型

基于统计共现频率的联结学习是内隐地发生的(Batterink & Paller, 2019; Roembke & McMurray, 2021; Yurovsky & Frank, 2015)；而假设检验则是外显知识提取的过程，学习者能够清晰地意识到词汇习得过程(Kligler et al., 2023; Sun et al., 2007)。因此，通过上述梳理与分析，可以发现跨情境词汇学习的内隐学习和外显学习过程对应联结学习和假设检验模型(Berry & Dienes, 1993; Degonda et al., 2005; Sun et al., 2007)。其中，内隐学习与联结学习紧密相关，而假设检验与外显学习紧密相关(Degonda et al., 2005; Roembke & McMurray, 2021)。ASD 儿童拥有内隐学习的能力，暗示其联结学习机制完好。由于联结学习需要不断地对共现频率进行叠加，这导致联结学习的过程是缓慢的。这也就解释了为什么以往研究发现 ASD 儿童的词汇学习正确率有时与 TD 儿童无异，但学习速度缓慢(Hartley et al., 2020)。这表明，ASD 儿童与 TD 儿童在进行跨情境词汇学习时的词汇学习机制不同。因此，ASD 儿童在词汇学习时仍然混合了内隐学习和外显学习机制，内隐学习通过代偿外显学习与外显学习协同完成跨情境词汇学习。因此在开展 ASD 儿童跨情境词汇教学时需要充分利用其内隐学习的长处，弥补其外显学习的短处，同时尽量创造有利于内隐学习和外显学习的词汇学习条件。

词汇的内隐学习主要是通过联结学习完成的。联结学习依赖于词汇与指代物的高效匹配，通过共现概率的逐渐累积实现词汇与指代物的正确联结。为提高 ASD 儿童共现概率的累积速率，需要保证指代物的多样化。Suanda 等人(2014)的情境多样性理论（Contextual Diversity Theory）认为学习情境变异（如指代物多样性）能够促进词汇学习。多样化的指代物能够减少学习者的习惯化反应，从而有利于学习者在漫长的概率累积过程中保持对指代物的新鲜感(Hartley & Whiteley, 2024)。当前研究结果表明，ASD 儿童在学习词汇时难以利用社会注意

提供的有效信息，且其注意易受到无关刺激干扰，这可能导致其形成的词-物联结不稳定，干扰其进一步将词-物联结整合到心理词典并保存在记忆中(Hartley et al., 2020)。与之相反，ASD 儿童更偏好几何图形和新颖的、颜色鲜艳的物体(Bacon et al., 2020)。通过增强指代物的多样性（如颜色、形状变异等），能够帮助 ASD 儿童加强词-物联结的形成和记忆，从而充分利用其完整的联结学习机制，提高跨情境词汇学习效果(Tovar et al., 2020)。此外，ASD 儿童能根据简单规则或典型特征进行分类，因此使用新颖物体，并对指代物进行简单变异，会帮助 ASD 儿童提取指代物的关键特征，从而减轻记忆负担，促进联结学习的统计积累，更有利于 ASD 儿童的跨情境词汇学习与泛化迁移(Tek et al., 2008)。

词汇的外显学习主要是通过假设检验完成的。假设检验依赖于正确假设的快速建立和验证，进而利用互斥性策略获取指代物的语义。因此，假设检验虽受一般认知机制（如注意、认知资源等）的影响，但主要体现在词汇学习领域中互斥性策略的使用。根据词汇限制理论（Lexical Constraints），互斥性策略是指儿童假设一个物体有且只有一个与之相对应的名称。儿童之所以能够建立新物体与新词汇的映射关系，是因为儿童认为已知名称的物体一般不会再有其它名称(Markman & Wachtel, 1988)。假设检验与词汇学习中的互斥性策略密切相关。学习者每次进行词汇学习时会随机选择一个物体作为某个词汇的指代物，形成该词汇的唯一匹配假设，并不断验证该假设。以往研究也发现，语言损伤较严重的 ASD 儿童在采用互斥性策略进行词汇学习时存在着较大障碍(Mathée-Scott et al., 2022; McGregor et al., 2013)。Zipfian 分布是一种长尾的偏态分布，当词频满足 Zipfian 分布时，学习者快速习得的高频词成为锚点，加强了互斥性策略的使用。因此，Zipfian 分布可能是改善 ASD 儿童假设检验学习机制的一个可行路径，能够为 ASD 儿童受损的假设检验机制提供支架(石宇婧 等, 2024)。Zipfian 分布遵循 $P(r)=C/r^{\alpha}$ 幂定律。其中，r 为词频的等级，α 约等于 1，C 为常数，$P(r)$为该词汇出现的频率(Hendrickson & Perfors, 2019; Lavi-Rotbain & Arnon, 2021)。此外，人类的记忆规律符合幂定律，符合 Zipfian 分布的词汇更易被记忆(Baronchelli et al., 2013)。在均匀分布中，由于每个词汇出现的频率相同。因此，词汇间几乎不存在类似于 Zipfian 分布的词汇促进效应，这在一定程度上增加了学习者的记忆负荷(石宇婧 等, 2024)。由于 Zipfian 分布中高频词的出现频率较高，帮助学习者运用互斥策略进行词汇学习，更易于建立词汇和指代物的匹配假设。因此 ASD 儿童在学习基于 Zipfian 分布的词汇时也可能会强化假设检验策略，从而弥补其外显学习的缺陷。

通过上述分析，基本清楚了 ASD 儿童如何利用较为完整的联结机制和受损的假设检验机制完成跨情境词汇学习的，以及如何通过操纵词频分布和指代物形态充分发挥 ASD 儿童

较为完整的联结学习机制和弥补受损的假设检验机制。为更好地整合以往研究，并对未来研究有更重要的借鉴参考价值，本研究在上述分析的基础上，从词汇学习的本质过程出发，凝练出了跨情境词汇学习的混合式协同作用模型，以期对现有研究发现进行宏观地梳理整合（见图 1）。

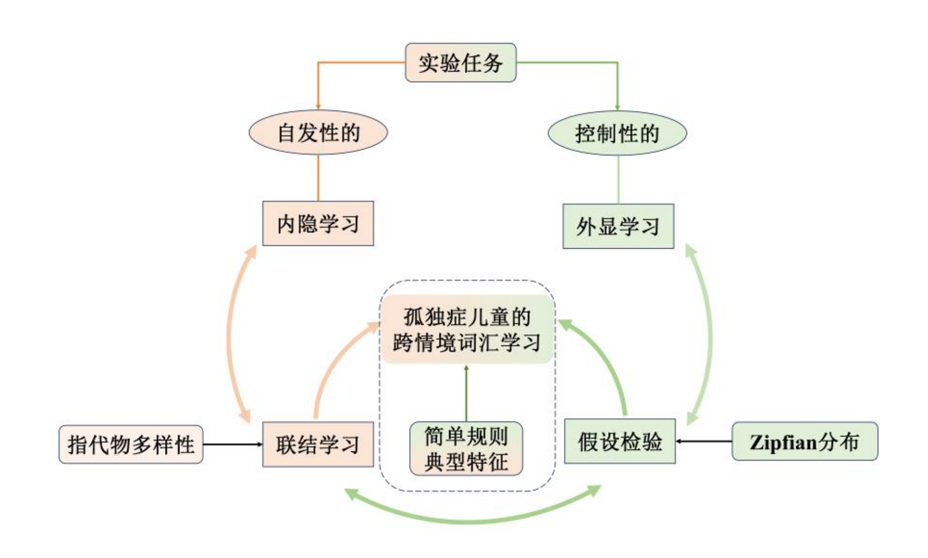


图 1 ASD 儿童跨情境词汇学习的混合式协同作用模型

混合式协同作用模型认为 ASD 儿童的跨情境词汇学习依然包括了自发性的内隐学习过程和控制性的外显学习过程。不过，ASD 儿童的内隐学习过程较为完整，而外显学习过程存在一定程度受损。从学习机制上看，内隐学习过程主要依赖联结学习机制，外显学习过程主要依赖假设检验机制。因此为促进 ASD 儿童的跨情境词汇学习，需要向 ASD 儿童呈现多样化的指代物，并为 ASD 儿童创造呈 Zipfian 分布的待学词库。指代物的多样性可以通过较为完整的联结学习机制提高学习效果，弥补受损的假设检验机制，实现学习机制的协同整合。Zipfian 分布可以增强假设检验学习机制，弥补受损的外显学习，从而促进 ASD 儿童学习机制的协同。混合式协同作用模型的理论框架能够充分发挥 ASD 儿童较为完整的联结学习机制，同时弥补受损的假设检验机制。此外，在跨情境词汇学习过程中，内隐学习和外显学习、联结学习和假设检验并非截然分开，它们相互作用并协同促进词汇学习过程。混合式协同作用模型的建立对于理解 ASD 儿童的词汇学习困难等语言障碍的发生机制，探寻靶向语言干预方案具有重要的理论和实践价值。

5 小结和展望

目前，学界关于 ASD 儿童跨情境词汇学习的内在机制仍未有定论。通过综述以往研究，本研究认为 ASD 儿童跨情境词汇学习障碍本质上是由于其学习机制受损，尤其是假设检验机制的损伤导致的。ASD 儿童的联结学习机制较为完好。因此，促进 ASD 儿童的跨

情境词汇学习，首先需充分发挥其完好的联结学习机制，并尽量弥补其受损的假设检验机制。具体而言，通过提升学习情境中指代物的多样性，能够增强 ASD 儿童的联结学习机制；通过向 ASD 儿童呈现 Zipfian 分布的待学词库，帮助 ASD 儿童尽快形成高效的假设检验并完成验证，从而实现联结学习和假设检验的混合，协同促进 ASD 儿童的跨情境词汇学习。为凝练整合上述理论观点，本研究提出了混合式协同作用模型，以期为未来的研究提供参考和借鉴。

混合式协同作用模型的提出，也为未来 ASD 儿童跨情境词汇学习的研究提供了很多新颖的研究方向。基于 ASD 儿童跨情境词汇学习的非典型性，以及影响 ASD 儿童跨情境词汇学习的多维因素，未来研究可以考虑从跨情境词汇学习机制以及内隐和外显学习之间的联结出发，揭示更为深刻的学习机制。同时，未来研究也可尝试将混合式协同作用模型应用于真实的 ASD 儿童语言干预方案开发，探讨如何通过学习方式的创新促进 ASD 儿童的语言康复。下面简单总结三点未来的研究方向，以供研究者参考。

第一，探讨更多增强 ASD 儿童联结学习机制的影响因素。例如，未来研究或许可以尝试通过规律性、结构性的学习材料加强 ASD 儿童的联结学习机制。基于 EEG 的神经夹带的研究发现，视觉三联体结构的知觉绑定过程能够促进统计学习(Batterink et al., 2015)。知觉绑定是指学习者将反复共现的相邻图片，知觉成一个更大的单元（如三联体结构）。而 ASD 儿童倾向于结构性和可预测性的刺激(Tola et al., 2021)。因此，未来研究可以探讨为 ASD 儿童提供一个有序且蕴含结构学习材料（如三联体结构的学习序列）时，能否增强 ASD 儿童较为完好的内隐学习，从而促进 ASD 儿童的跨情境词汇学习。

第二，探索 ASD 群体在不同发展阶段中跨情境词汇学习机制的变化。随着时间的推移，ASD 个体的语言发展和环境适应性也会发展变化。ASD 成年人的语言功能差异极大，从保持非语言状态到能够独立生活工作不等(Roux et al., 2013)。有研究表明，ASD 成年人的统计学习与健康群体无异(Pesthy et al., 2023)。但是，又有研究发现，ASD 成年人仍然不能对不可见的目光线索产生注意力定向(Yang et al., 2024)。这表明，ASD 成年人为应对语言交流的挑战，已具备一些语言学习能力（如统计学习）。未来研究可以针对不同年龄段的 ASD 群体，探讨其跨情境词汇学习机制是否存在年龄差异，从而帮助不同年龄段的 ASD 个体设计更好的语言学习方案。

第三，在语言干预的实践中探讨如何利用混合式协同作用模型促进 ASD 儿童的词汇学习。未来研究需在语言干预的实践中探讨指代物多样性和词频分布对改善 ASD 儿童跨情境

词汇学习的实际效果如何。以及，采用什么样的多样性，选取什么程度的 Zipfian 分布，对 ASD 儿童词汇学习的促进效果最佳。

参考文献

陈雁，李晶. (2024). 人际同步对孤独症儿童合作行为的影响及干预促进. *心理科学进展*, *32*(4), 639–653. https://journal.psych.ac.cn/xlkxjz/CN/10.3724/SP.J.1042.2024.00639

侯文文，苏怡. (2022). 注意和记忆对孤独症儿童词汇发展滞后的影响. *心理科学进展*, *30*(11), 2558–2569. https://journal.psych.ac.cn/xlkxjz/CN/10.3724/SP.J.1042.2022.02558

刘书云，黄艳利，石宇婧，谢久书，邓铸. (2024). 跨情境词汇学习的联结学习与假设检验之争. *心理发展与教育*, *40*(3), 431–441. https://doi.org/10.16187/j.cnki.issn1001-4918.2024.03.14

石宇婧，黄艳利，谢久书，刘书云. (2024). 跨情境词汇学习的偏态学习优势效应. *心理科学*, *47*(3), 538–545. https://doi.org/10.16719/j.cnki.1671-6981.20240304

张琳琳，魏坤琳，李晶. (2022). 儿童的人际运动同步. *心理科学进展*, *30*(3), 623–634. https://journal.psych.ac.cn/xlkxjz/CN/10.3724/SP.J.1042.2022.00623

Ackermann, L., Hepach, R., & Mani, N. (2020). Children learn words easier when they are interested in the category to which the word belongs. *Developmental Science*, *23*(3). https://doi.org/10.1111/desc.12915

Alispahic, S., Pellicano, E., Cutler, A., & Antoniou, M. (2024). Multiple talker processing in autistic adult listeners. *Scientific Reports*, *14*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-62429-w

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5TM, 5th ed.* https://psycnet.apa.org/record/2013-14907-000

Aussems, S., & Vogt, P. (2020). Adults use cross-situational statistics for word learning in a conservative way. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, *12*(2), 232–242. https://doi.org/10.1109/TCDS.2018.2870161

Bacon, E. C., Moore, A., Lee, Q., Carter Barnes, C., Courchesne, E., & Pierce, K. (2020). Identifying prognostic markers in autism spectrum disorder using eye tracking. *Autism*, *24*(3), 658–669. https://doi.org/10.1177/1362361319878578

Baronchelli, A., Ferrer-i-Cancho, R., Pastor-Satorras, R., Chater, N., & Christiansen, M. H. (2013). Networks in cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*, *17*(7), 348–360. https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.04.010

Batterink, L. J., & Paller, K. A. (2019). Statistical learning of speech regularities can occur outside the focus of attention. *Cortex*, *115*, 56–71. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2019.01.013

Batterink, L. J., Reber, P. J., Neville, H. J., & Paller, K. A. (2015). Implicit and explicit contributions to statistical

learning. *Journal of Memory and Language*, *83*, 62–78. https://doi.org/10.1016/j.jml.2015.04.004

Bedford, R., Gliga, T., Frame, K., Hudry, K., Chandler, S., Johnson, M. H., Charman, T., & BASIS TEAM. (2013). Failure to learn from feedback underlies word learning difficulties in toddlers at risk for autism. *Journal of Child Language*, *40*(1), 29–46. https://doi.org/10.1017/S0305000912000086

Benitez, V. L., Zettersten, M., & Wojcik, E. (2020). The temporal structure of naming events differentially affects children's and adults' cross-situational word learning. *Journal of Experimental Child Psychology*, *200*, 104961. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104961

Berens, S. C., Horst, J. S., & Bird, C. M. (2018). Cross-situational learning is supported by Propose-but-Verify Hypothesis Testing. *Current Biology*, *28*(7), 1132-1136.e5. https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.02.042

Berry, D. C., & Broadbent, D. E. (1995). Implicit learning in the control of complex systems. In P. A. Frensch & J. Funke (Eds.), *Complex problem solving: The European perspective* (pp. 131–150). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Berry, D. C. , & Dienes, Z. (1993). Implicit learning: theoretical and empirical issues. *Psychological Bulletin*, *115*(2), 13-18.

Brown, J., Aczel, B., Jimenez, L., Kaufman, S. B., & Grant, K. P. (2010). Intact implicit learning in autism spectrum conditions. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *63(9)*, 1789–1812. https://doi.org/10.1080/17470210903536910

Bulgarelli, F., Weiss, D. J., & Dennis, N. A. (2021). Cross-situational statistical learning in younger and older adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *28*(3), 346–366. https://doi.org/10.1080/13825585.2020.1759502

Camero, R., Gallego, C., & Martínez, V. (2023). Gaze following as an early diagnostic marker of autism in a new word learning task in toddlers. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 54*(9), 3211–3224. https://doi.org/10.1007/s10803-023-06043-1

Carter, C. K., & Hartley, C. (2021). Are children with autism more likely to retain object names when learning from colour photographs or black-and-white cartoons? *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *51*(9), 3050–3062. https://doi.org/10.1007/s10803-020-04771-2

Clark, G. T., & Reuterskiold, C. (2023). Word learning with orthographic support in nonspeaking and minimally speaking school-age autistic children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, *66*(6), 2047–2063. https://doi.org/10.1044/2023_JSLHR-22-00549

Crespo, K., & Kaushanskaya, M. (2021). Is 10 better than 1? The effect of speaker variability on children's cross-

situational word learning. *Language Learning and Development*, *17*(4), 397–410. https://doi.org/10.1080/15475441.2021.1906680

Crespo, K., Vlach, H., & Kaushanskaya, M. (2023). The effects of bilingualism on children's cross-situational word learning under different variability conditions. *Journal of Experimental Child Psychology*, *229*, 105621. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2022.105621

Cuneo, N. (2024). Word meaning is complex: Language-related generalization differences in autistic adults. *Cognition*, *244*, 105691. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2023.105691

Degonda, N., Mondadori, C. R. A., Bosshardt, S., Schmidt, C. F., Boesiger, P., Nitsch, R. M., Hock, C., & Henke, K. (2005). Implicit associative learning engages the hippocampus and interacts with explicit associative learning. *Neuron*, *46*(3), 505–520. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.02.030

Ferdinand, N. K., Mecklinger, A., & Kray, J. (2008). Error and deviance processing in implicit and explicit sequence learning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *20*(4), 629–642. https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20046

Fitch, A., Lieberman, A. M., Luyster, R. J., & Arunachalam, S. (2020). Toddlers' word learning through overhearing: Others' attention matters. *Journal of Experimental Child Psychology*, *193*, 104793. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.104793

Foti, F., De Crescenzo, F., Vivanti, G., Menghini, D., & Vicari, S. (2015). Implicit learning in individuals with autism spectrum disorders: A meta-analysis. *Psychological Medicine*, *45*(5), 897–910. https://doi.org/10.1017/S0033291714001950

Fu, Q., Bin, G., Dienes, Z., Fu, X., & Gao, X. (2013). Learning without consciously knowing: Evidence from event-related potentials in sequence learning. *Consciousness and Cognition*, *22*(1), 22–34. https://doi.org/10.1016/j.concog.2012.10.008

Gray, S., Lancaster, H., Alt, M., Hogan, T. P., Green, S., Levy, R., & Cowan, N. (2020). The structure of word learning in young school-age children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research: JSLHR*, *63*(5), 1446–1466. https://doi.org/10.1044/2020_JSLHR-19-00186

Haebig, E., Jiménez, E., Cox, C. R., & Hills, T. T. (2021). Characterizing the early vocabulary profiles of preverbal and minimally verbal children with autism spectrum disorder. *Autism*, *25*(4), 958–970. https://doi.org/10.1177/1362361320973799

Haebig, E., Saffran, J. R., & Ellis Weismer, S. (2017). Statistical word learning in children with autism spectrum disorder and specific language impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *58*(11), 1251–

1263. https://doi.org/10.1111/jcpp.12734

Hart, B., & Risley, T. R. (1995). *Meaningful differences in the everyday experience of young American children*. Paul H Brookes Publishing.

Hartley, C., Bird, L.-A., & Monaghan, P. (2020). Comparing cross-situational word learning, retention, and generalisation in children with autism and typical development. *Cognition*, *200*, 104265. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2020.104265

Hartley, C., & Whiteley, H. A. (2024). Do multiple exemplars promote preschool children's retention and generalisation of words learned from pictures? *Cognitive Development*, *70*, 101459. https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2024.101459

Hayman, G., & Tulving, E. (1989). Contingent dissociation between recognition and fragment completion: The method of triangulation. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, *15*, 228–240. https://doi.org/10.1037/0278-7393.15.2.228

Hendrickson, A. T., & Perfors, A. (2019). Cross-situational learning in a Zipfian environment. *Cognition*, *189*, 11–22. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2019.03.005

Howlin P. (2003). Outcome in high-functioning adults with autism with and without early language delays: implications for the differentiation between autism and Asperger syndrome. *Journal of autism and developmental disorders*, *33*(1), 3–13. https://doi.org/10.1023/a:1022270118899.

Izadi-Najafabadi, S., Mirzakhani-Araghi, N., Miri-Lavasani, N., Nejati, V., & Pashazadeh-Azari, Z. (2015). Implicit and explicit motor learning: Application to children with Autism Spectrum Disorder (ASD). *Research in Developmental Disabilities*, *47*, 284–296. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.09.020

Jiménez, E., Haebig, E., & Hills, T. T. (2021). Identifying areas of overlap and distinction in early lexical profiles of children with autism spectrum disorder, late talkers, and typical talkers. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *51*(9), 3109–3125. https://doi.org/10.1007/s10803-020-04772-1

Kligler, N., Yu, C., & Gabay, Y. (2023). Reduced implicit but not explicit knowledge of cross-situational statistical learning in developmental dyslexia. *Cognitive Science*, *47*(9), e13325. https://doi.org/10.1111/cogs.13325

Lavi-Rotbain, O., & Arnon, I. (2021). Visual statistical learning is facilitated in Zipfian distributions. *Cognition*, *206*, 104492. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2020.104492

Lenhart, J., Lenhard, W., Vaahtoranta, E., & Suggate, S. (2020). More than words: Narrator engagement during storytelling increases children's word learning, story comprehension, and on-task behavior. *Early*

Childhood Research Quarterly, *51*, 338–351. https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2019.12.009

Long, H. L., Ramsay, G., Bene, E. R., Su, P. L., Yoo, H., Klaiman, C., Pulver, S. L., Richardson, S., Pileggi, M. L., Brane, N., & Oller, D. K. (2024). Canonical babbling trajectories across the first year of life in autism and typical development. *Autism*, 13623613241253908. Advance online publication. https://doi.org/10.1177/13623613241253908

Maresch, J., Werner, S., & Donchin, O. (2021). Methods matter: Your measures of explicit and implicit processes in visuomotor adaptation affect your results. *European Journal of Neuroscience*, *53*(2), 504–518. https://doi.org/10.1111/ejn.14945

Markman, E. M., & Wachtel, G. F. (1988). Children's use of mutual exclusivity to constrain the meaning of words. *Cognitive Psychology, 20*(2), 121–157. https://doi.org/10.1016/0010-0285(88)90017-5

Mathée-Scott, J., Larson, C., Venker, C., Pomper, R., Edwards, J., Saffran, J., & Ellis Weismer, S. (2022). Use of mutual exclusivity and its relationship to language ability in toddlers with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *52*(10), 4528–4539. https://doi.org/10.1007/s10803-021-05321-0

McGregor, K. K., Rost, G., Arenas, R., Farris-Trimble, A., & Stiles, D. (2013). Children with ASD can use gaze in support of word recognition and learning. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *54*(7), 745–753. https://doi.org/10.1111/jcpp.12073

Medina, T. N., Snedeker, J., Trueswell, J. C., & Gleitman, L. R. (2011). How words can and cannot be learned by observation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *108*(22), 9014–9019. https://doi.org/10.1073/pnas.1105040108

Miyamoto, Y. R., Wang, S., & Smith, M. A. (2020). Implicit adaptation compensates for erratic explicit strategy in human motor learning. *Nature Neuroscience*, *23*(3), 443–455. https://doi.org/10.1038/s41593-020-0600-3

Mormann, M., & Russo, J. E. (2021). Does attention increase the value of choice alternatives? *Trends in Cognitive Sciences*, *25*(4), 305–315. https://doi.org/10.1016/j.tics.2021.01.004

Murphy, C. M., Christakou, A., Daly, E. M., Ecker, C., Giampietro, V., Brammer, M., Smith, A. B., Johnston, P., Robertson, D. M., MRC AIMS Consortium, Murphy, D. G., & Rubia, K. (2014). Abnormal functional activation and maturation of fronto-striato-temporal and cerebellar regions during sustained attention in autism spectrum disorder. *American Journal of Psychiatry*, *171*(10), 1107–1116. https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2014.12030352

Pesthy, O., Farkas, K., Sapey-Triomphe, L.-A., Guttengéber, A., Komoróczy, E., Janacsek, K., Réthelyi, J. M., & Németh, D. (2023). Intact predictive processing in autistic adults: Evidence from statistical learning. *Scientific Reports*, *13*(1), 11873. https://doi.org/10.1038/s41598-023-38708-3

Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *6*(6), 855–863. https://doi.org/10.1016/S0022-5371(67)80149-X

Rivera-Vera, N. A., Andringa, S., Kronmüller, E., Monaghan, P., & Rispens, J. E. (2022). The effect of speaker reliability on adult cross-situational word learning. *Glossa Psycholinguistics*, *1*(1). https://doi.org/10.5070/G601113

Roembke, T. C., & McMurray, B. (2021). Multiple components of statistical word learning are resource dependent: Evidence from a dual-task learning paradigm. *Memory & Cognition*, *49*(5), 984–997. https://doi.org/10.3758/s13421-021-01141-w

Rogers, L. L., Park, S. H., & Vickery, T. J. (2021). Visual statistical learning is modulated by arbitrary and natural categories. *Psychonomic Bulletin & Review*, *28*(4), 1281–1288. https://doi.org/10.3758/s13423-021-01917-w

Roux, A. M., Shattuck, P. T., Cooper, B. P., Anderson, K. A., Wagner, M., & Narendorf, S. C. (2013). Postsecondary employment experiences among young adults with an autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, *52*(9), 931–939. https://doi.org/10.1016/j.jaac.2013.05.019

Saldana, D. (2023). Atypical vocabulary acquisition in autism: Where is it coming from? *Journal of Cultural Cognitive Science*, *7*(1), 1–7. https://doi.org/10.1007/s41809-022-00116-w

Sobczak, J. M., & Gaskell, M. G. (2019). Implicit versus explicit mechanisms of vocabulary learning and consolidation. *Journal of Memory and Language*, *106*, 1–17. https://doi.org/10.1016/j.jml.2019.01.003

Studdert-Kennedy, M. (1986). Some developments in research on language behavior. In N. J. Smelser & D. R. Gerstein (Eds.), Behavioral and social science: *Fifty years of discovery: In commemoration of the fiftieth anniversary of the "Ogburn Report: Recent Social Trends in the United States."* (pp. 208–248). National Academy Press.

Suanda, S. H., Mugwanya, N., & Namy, L. L. (2014). Cross-situational statistical word learning in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *126*, 395–411. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.06.003

Sun, R., Zhang, X., Slusarz, P., & Mathews, R. (2007). The interaction of implicit learning, explicit hypothesis testing learning and implicit-to-explicit knowledge extraction. *Neural Networks*, *20*(1), 34–47.

https://doi.org/10.1016/j.neunet.2006.07.002

Tek, S., Jaffery, G., Fein, D., & Naigles, L. R. (2008). Do children with autism spectrum disorders show a shape bias in word learning? *Autism Research: Official Journal of the International Society for Autism Research*, *1*(4), 208–222. https://doi.org/10.1002/aur.38

Tola, G., Talu, V., Congiu, T., Bain, P., & Lindert, J. (2021). Built environment design and people with Autism Spectrum Disorder (ASD): A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(6), 3203. https://doi.org/10.3390/ijerph18063203

Tomasello, M. (2003). *Constructing a language: A usage-based theory of language acquisition*. Harvard University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctv26070v8

Tovar, Á. E., Rodríguez-Granados, A., & Arias-Trejo, N. (2020). Atypical shape bias and categorization in autism: Evidence from children and computational simulations. *Developmental Science*, *23*(2), e12885. https://doi.org/10.1111/desc.12885

Trueswell, J. C., Lin, Y., Armstrong, B., Cartmill, E. A., Goldin-Meadow, S., & Gleitman, L. R. (2016). Perceiving referential intent: Dynamics of reference in natural parent–child interactions. *Cognition*, *148*, 117–135. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.11.002

Trueswell, J. C., Medina, T. N., Hafri, A., & Gleitman, L. R. (2013). Propose but verify: Fast mapping meets cross-situational word learning. *Cognitive Psychology*, *66*(1), 126–156. https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2012.10.001

Van Rooijen, R., Ward, E. K., De Jonge, M., Kemner, C., & Junge, C. (2022). Two-year-olds at elevated risk for ASD can learn novel words from their parents. *Journal of Child Language*, *49*(5), 1052–1063. https://doi.org/10.1017/S0305000921000428

Venker, C. E. (2019). Cross-situational and ostensive word learning in children with and without autism spectrum disorder. *Cognition*, *183*, 181–191. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.10.025

Venker, C. E., Neumann, D., & Aladé, F. (2022). Visual perceptual salience and novel referent selection in children with and without autism spectrum disorder. *Autism & Developmental Language Impairments*, *7*, 239694152210854. https://doi.org/10.1177/23969415221085476

Vulchanova, M., Vulchanov, V., & Allen, M. (2023). Word learning in ASD: the sensorimotor, the perceptual and the symbolic. *Journal of Cultural Cognitive Science*, *7*(1), 9–22. https://doi.org/10.1007/s41809-022-00117-9

Wang, F. H. (2020). Explicit and implicit memory representations in cross-situational word learning. *Cognition*,

205, 104444. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2020.104444

Watanabe, K., Ikeda, H., & Miyao, M. (2010). Learning efficacy of explicit visuomotor sequences in children with attention-deficit/hyperactivity disorder and Asperger syndrome. *Experimental Brain Research*, *203*(1), 233–239. https://doi.org/10.1007/s00221-010-2217-3

West, M. J., Angwin, A. J., Copland, D. A., Arnott, W. L., & Nelson, N. L. (2022). Effects of emotional cues on novel word learning in typically developing children in relation to broader autism traits. *Journal of Child Language*, *49*(3), 503–521. https://doi.org/10.1017/S0305000921000192

Woodard, K., Gleitman, L. R., & Trueswell, J. C. (2016). Two- and three-year-olds track a single meaning during word learning: Evidence for Propose-but-Verify. *Language Learning and Development*, *12*(3), 252–261. https://doi.org/10.1080/15475441.2016.1140581

Xiong, H., Liu, X., Yang, F., Yang, T., Chen, J., Chen, J., & Li, T. (2024). Developmental language differences in children with autism spectrum disorders and possible sex difference. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *54*(3), 841–851. https://doi.org/10.1007/s10803-022-05806-6

Yang, F., Tian, J., Yuan, P., Liu, C., Zhang, X., Yang, L., & Jiang, Y. (2024). Unconscious and conscious gaze-triggered attentional orienting: Distinguishing innate and acquired components of social attention in children and adults with autistic traits and autism spectrum disorders. *Research*, *7*, 0417. https://doi.org/10.34133/research.0417

Yirmiya, N., Gamliel, I., Shaked, M., & Sigman, M. (2007). Cognitive and verbal abilities of 24- to 36-month-old siblings of children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *37*(2), 218–229. https://doi.org/10.1007/s10803-006-0163-5

Yu, C., & Smith, L. B. (2007). Rapid word learning under uncertainty via cross-situational statistics. *Psychological Science*, *18*(5), 414–420. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01915.x

Yurovsky, D., & Frank, M. C. (2015). An integrative account of constraints on cross-situational learning. *Cognition*, *145*, 53–62. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.07.013

Zhao, W., Li, Q., Zhang, X., Song, X., Zhu, S., Shou, X., Meng, F., Xu, X., Zhang, R., & Kendrick, K. M. (2024). Language skill differences further distinguish social sub-types in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *54*(1), 143–154. https://doi.org/10.1007/s10803-022-05759-w

Zhou, X., Wang, L., Hong, X., & Wong, P. C. M. (2023). Infant-directed speech facilitates word learning through attentional mechanisms: An fNIRS study of toddlers. *Developmental Science*, *27*, e13424. https://doi.org/10.1111/desc.13424

Zwart, F. S., Vissers, C. Th. W. M., Kessels, R. P. C., & Maes, J. H. R. (2018). Implicit learning seems to come naturally for children with autism, but not for children with specific language impairment: Evidence from behavioral and ERP data: Implicit learning intact in ASD but altered in SLI. *Autism Research*, *11*(7), 1050–1061. https://doi.org/10.1002/aur.1954

The cognitive mechanisms of cross-situational word learning deficits in children with autism spectrum disorder

YANG Tongshu, HUANG Yanli, XIE Jiushu

(*School of Psychology, Nanjing Normal University, Nanjing* 210097*, China*)

Abstract: Cross-situational word learning deficits are prevalent in children with autism spectrum disorder (ASD), significantly stunting their language acquisition. Previous studies have mainly focused on how general cognitive deficits contribute to cross-situational word learning deficits in children with ASD. However, no study has ever examined the specificity of learning mechanisms in children with ASD. To fill in this gap, the present review focuses on the learning mechanisms of children with ASD and proposes that implicit and explicit learning operate independently in cross-situational word learning. Specifically, the present review shows that the implicit learning of children with ASD remains relatively intact, while the explicit learning of children with ASD may be impaired. Therefore, children with ASD mainly rely on associative learning rather than hypothesis testing to complete cross-situational word learning. Importantly, the present review proposes a hybrid synergistic model to reveal the learning mechanisms of cross-situational word learning deficits in children with ASD. This model suggests that referent diversity and word frequency distribution may modulate associative learning and hypothesis testing respectively in cross-situational word learning, thereby affecting cross-situational word learning deficits in children with ASD. This model has significant theoretical implications for understanding the cognitive mechanisms underlying cross-situational word learning deficits in children with ASD. Furthermore, this model has practical insights for developing language rehabilitation curriculums for children with ASD.

Keywords: autism spectrum disorder, cross-situational word learning, hypothesis testing, associative learning